

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2526986号

(45) 発行日 平成8年(1996) 8月21日

(24) 登録日 平成8年(1996) 6月14日

(51) Int.Cl.*	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 S 3/101			H 0 1 S 3/101	
G 0 3 F 7/20	5 0 5		G 0 3 F 7/20	5 0 5
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 2 7

請求項の数1 (全 4 頁)

(21) 出願番号	特願昭63-119341	(73) 特許権者	999999999 株式会社ニコン
(22) 出願日	昭和63年(1988) 5月18日		東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(65) 公開番号	特開平1-290276	(72) 発明者	市原 裕
(43) 公開日	平成1年(1989)11月22日		東京都品川区西大井1丁目6番3号 株 式会社ニコン大井製作所内
		(74) 代理人	弁理士 佐藤 正年
		審査官	原 光明
		(56) 参考文献	特開 昭62-25483 (J P, A) 特開 昭63-216338 (J P, A) 特開 昭63-211624 (J P, A) 特開 平1-119020 (J P, A) 特開 平1-287924 (J P, A) 特開 平1-152411 (J P, A) 特開 昭63-173322 (J P, A)

(54) 【発明の名称】 照明装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 出力すべきレーザービームのスペクトル幅を狭帯化する手段を備え、縦横比が異なる断面形状のレーザービームを出力する安定共振型レーザー光源と、この光源から出力されたレーザービームをその進行方向に対して平行に、且つ前記レーザービームの断面の短手方向に沿ってほぼ等間隔に配列された複数のレーザービームに分割するとともに、この分割された各々のレーザービームにレーザービームの可干渉距離よりも大きな光路差を与える分割手段と、この分割手段により分割された複数のレーザービームを適宜径に集めて被照射対象を照明する照明手段とを備え、前記レーザー光源と前記照明手段との間の光路中に、入射してきたレーザービームを偏光の異なる複数のビームに分割する複屈折素子が配置されていることを特徴とする照

明装置。

【発明の詳細な説明】

【産業上の利用分野】

本発明は照明装置に係るものであり、例えばエキシマレーザを用いた集積回路製造用露光装置等に好適な照明装置に関するものである。

【従来の技術】

近年、集積回路の製造に使用される露光装置の光源として、エキシマレーザが注目されている。

このエキシマレーザは、現在最も有力な短波長光源であり、近年の集積回路の高集積化に伴ない要求される高い線幅精度の達成に好適なものである。

この種の露光光源として、従来から実用に供されているエキシマレーザ光源は、安定共振器型とインジェクションロック型とに大別される。

第2図に示されるものは、安定共振器型と称されるものである。図において、誘導放出を起させる放電管12aの両端には、二個の共振器用ミラー11a, 11bが配置され、共振器を構成している。この二個の共振器用ミラー11a, 11bの間を光が往復することにより、誘導放出された光の振幅が強められ、レーザビーム15が出射される。

この安定共振器型レーザ光源の欠点は、出射されたレーザビーム15の空間的及び時間的コヒーレンシーが低いことである。時間的コヒーレンシーが低いということは、換言すれば、スペクトルの半値幅が広い( $\Delta\lambda \approx 0.4\text{nm}$ )ということである。従って、投影レンズの色消し(色収差補正)が必要となり、この波長領域で実用的なレンズを作ることは困難である。

また、第3図に示されるものは、インジェクションロック型と称されるものである。これは、発振器段(第3図上、上段側)と増幅器段(第3図、下段側)とからなる二段構成であり、発振器段においては、二個の共振器用ミラー11a, 11bが配置されている点は前述の安定共振器型と同様である。但し、この型の発振器段には、所定の領域の波長を選択するエタロン、回折格子等の分散素子13が備えられている。更に発振器段の放電管12aの両端には、レーザビームを絞るアパーチャー16が配置されている。これら分散素子13及びアパーチャー16を備えたことにより、発振されるレーザビームのスペクトルの半値幅が狭く( $\Delta\lambda \approx 0.001\text{nm}$ )なり、単色性が向上する。この発振器段から発振されたレーザビームは、ミラー17で反射して増幅器段に入射する。

一方、増幅器段の放電管12bの両端には、不安定共振器用ミラー14a, 14bが凸状面と凹状面を向い合せて配設されており、入射したレーザビームは、これら不安定共振器用ミラー14a, 14bによって増幅され出射する。

このインジェクションロック型レーザ光源から出射するレーザビーム15の特徴は、単色性及び時間的コヒーレンシーが高いことである。従って、投影レンズには色消しの必要がなく、単一の硝材(石英)のみでレンズを製造することが可能であり、設計、製造とも容易であるという利点を有している。しかしながら、このレーザビームは、不安定共振器によって増幅されているため空間的コヒーレンシーは極めて高い。そのため、露光領域に干渉による斑点状の露光むら(以下、スペックルと称する)を生じてしまう。

従来、このスペックルの除去方法としては、照明系の光路中に振動ミラー等を配し、ビームを振動させることにより、空間的コヒーレンシーを下げ、スペックルを低減(平均化)することが提案されている(特開昭58-226317号)。

しかしながら、本願の発明者の研究によれば、ビームを振動させることによりスペックルを効果的に消失させるためには、レーザの発振パルスに同期して、照明系のフライアイレンズ等の強度分布均一化レンズ素子のレン

ズエメントの配列に対応した回数だけビームを二次元的に振る必要があることが明らかとなっている。従って、上記の方法では、振動ミラー等により二次元的に相当回数ビームを振る必要があるため、適正露光量を短時間に得ることが困難となり、適正露光を確保するためにはスループットを大幅に低下させねばならないという問題点がある。

この問題点を補うものとして、第4図に示すエキシマレーザ光源が開発されている。この型のレーザ光源は、前述の安定共振器型レーザ光源の共振器中にエタロン、プリズム、回折格子等の分散素子13を狭帯化手段として配設したものであり、出射するレーザビームのスペクトル幅を狭く( $\Delta\lambda \approx 0.003\text{nm}$ )している。その出射レーザビームの特徴は、分散素子13を設けたことにより時間的コヒーレンシーが向上しており、また、インジェクションロック型に比して空間的コヒーレンシーが低いことである。

#### [発明が解決しようとする課題]

上記のような分散素子を備えた安定共振器型レーザ光源は、空間的コヒーレンシーが低いことから、インジェクションロック型と異なりスペックルは発生しないと予想されていた。しかしながら、実際には僅かながらスペックル(干渉縞)が発生しており、集積回路の微細パターン形成の妨げになることが判明している。

この発明は、係る点に鑑みて成されたものであり、その目的とするところは、スペックルを生じる恐れのない照明装置を提供することである。

#### [課題を解決するための手段]

上記目的を達成するために、本発明の照明装置は、出力すべきレーザビームのスペクトル幅を狭帯化する手段を備え、縦横比が異なる断面形状のレーザビームを出力する安定共振型レーザ光源と、

この光源から出力されたレーザビームをその進行方向に対して平行に、且つ前記レーザビームの断面の短手方向に沿ってほぼ等間隔に配列された複数のレーザビームに分割するとともに、この分割された各々のレーザビームにレーザビームの可干渉距離よりも大きな光路差を与える分割手段と、

この分割手段により分割された複数のレーザビームを適宜径に集めて被照射対象を照明する照明手段とを備え、

前記レーザ光源と前記照明手段との間の光路中に、入射してきたレーザビームを偏光の異なる複数のビームに分割する複屈折素子が配置されていることを特徴とするものである。

#### [作用]

本発明に係る照明装置においては、レーザ光源としてスペクトル幅を狭帯化する手段を備えたものを採用しているため、単色性の優れたレーザビームが得られる。

この光源から出射されたレーザビームは、分割手段に

よってビーム断面の短手方向に対して平行かつ等間隔に配列された複数のレーザビームに分割されるが、これは下記の理由に基く。

レーザの空間的コヒーレンスは、レーザビームの断面内の光の可干渉性であり、レーザのモード数が少ない程高くなる。一般に、レーザのモード数は、 $d^2/\lambda L$

(但し、 $d$ :レーザのビーム径(アパーチャ径)

$L$ :共振器長またはレーザ光のパルス長さ)

で表わされる。

レーザビーム断面形状の典型的な例として、 $20\text{mm} \times 7\text{mm}$ のビーム断面形状の場合、

$L=4\text{m}$ ,  $\lambda=0.25\mu\text{m}$ とすると、長手方向のモード数は約400、短手方向のモード数は約50となり、長手方向と短手方向とは1桁近く異なる。

このことは、スペックルはビーム断面の短手方向に発生しやすいことを示している。例えば、半導体ウエハ面(レチクル面)上にマスクを投影する際には、ウエハ面上にビーム断面の短手方向に並んだ格子状のスペックルパターン(干渉パターン)を生じることになる。

従って、このスペックルを消すためには、短手方向のモード数を等価的に増やしてれば良い。

その方法としては、レーザビームを分割し、その分割された各ビームを互いにインコヒーレント(非可干渉性)にして、短手方向に多数並べてやればよい。この並べる個数は多ければ多い程良いが、現実的には長手方向のモード数と等しくなる程度が適当である。例えば、前述の例の場合では、 $400/50=8$ 個並べるのが適当である。

この場合、分割された各レーザビームをインコヒーレントにする手段としては、二通り考えられる。

その一つは時間的コヒーレンスを利用したものであり、分割された各レーザビームにレーザビームの可干渉距離よりも大きな光路差を与える分割手段を採用することにより、各ビームを互いにインコヒーレントにすることができる。

もう一つは、互いに直交した偏光は互いに干渉しないことを利用したものである。これは、分割手段として複屈折結晶(例えば、方解石、水晶、 $\text{MgF}$ 、 $\text{KDP}$ 、 $\text{ADP}$ 等)を採用することにより、互いにインコヒーレントな二分割ビームが得られる。但し、この方法では二分割しか適用できないため、本発明においては、上記時間的コヒーレンスを利用した手段を採用する。

なお、ビーム断面の短手方向のモード数を増やすと、長手方向よりも短手方向が長くなってしまうことが考えられる。例えば、前述のレーザビームの断面形状の例において、長手方向と短手方向とのモード数を等しくした場合は、長手方向 $20\text{mm}$ に対して、短手方向 $7 \times 8 = 56\text{mm}$ となる。そこで本発明においては、整形光学手段により、分割されたビームを適宜径に集めて被照射対象を照

明する。このことはビームの拡散性を等しくすることにもなる。

例えば、エキシマレーザのビームの拡り角は、通常は長手方向: $3\text{mrad}$ 程度、短手方向: $1\text{mrad}$ 程度であるが、この場合、整形光学手段として短手方向を $1/3$ 縮める光学系を採用すると、短手方向のビーム拡り角は、3倍の $3\text{mrad}$ となる。従って、両方向のビーム拡り角が同程度になる。

#### [実施例]

以下、添付図面を参照して本発明の実施例について説明する。

なお、以下の説明ではレーザビームの一例として、ビーム断面の短手方向幅が約 $7\text{mm}$ 、拡り角が約 $3\text{mrad} \times 1\text{mrad}$ のエキシマレーザを例にあげて説明する。

第1図は本発明の一実施例を示す構成図である。

図において、共振器内に分散素子をもつ安定共振器型のエキシマレーザ発振装置(図示せず)から出射したレーザビーム1は、ビーム分割器2に入射する。このビーム分割器2は、石英板の両面に反射膜を付けた平行板であり、その反射面 $a, b, c, d, e$ の反射率は、各々 $75\%, 66.5\%, 50\%, 0\%, 100\%$ である。すなわち、ビーム分割器2に入射する前のレーザビーム1の強度のほぼ $25\%$ のビームが4本出力される。このビーム分割器2を成す石英板の厚さは、各々のビームの光路差が干渉距離 $\lambda^2/\Delta\lambda$ よりはるかに大きくなるように十分厚く設定されている。

従って、これらのビームは互いにインコヒーレントである。さらに、このビーム分割器2は各ビームの光軸が互いに約 $14\text{mm}$ ずれるように、傾きを調節してある。

このビーム分割器2から出力された4本のビームは、複屈折結晶(例えば、方解石、 $\text{MgF}$ 、水晶、 $\text{KDP}$ 、 $\text{ADP}$ 等)3によって各々偏光の異なる2本のビームに分けられる。従って、合計では8本のビームに分けられることになる。この場合、異なる偏向光は互いに干渉しない故、8本のビームは互いに干渉しない。

この複屈折結晶3は、結晶の種類に応じて方位厚さを適当に加工してあり、2本のビームの中心の間隔は互いに約 $7\text{mm}$ 離れるようにしてある。

従って、8本の各ビームのうち、隣り合うビームは互いに中心が約 $7\text{mm}$ 離れている。各ビームの短手方向幅は各々約 $7\text{mm}$ であるから、全体では約 $20\text{mm} \times 56\text{mm}$ のほぼ一様なビームとなる。

一方、このビームの拡り角は約 $3\text{mrad} \times 1\text{mrad}$ であるが、このビームをシリンドリカルレンズ4a, 4bによるビーム整形光学系で約 $20\text{mm} \times 20\text{mm}$ のビームに集束すると、拡り角は約 $3\text{mrad} \times 3\text{mrad}$ となる。

以上は、レーザビーム1の断面形状が長方形に近い場合について述べてきたが、勿論、レーザビーム1の断面形状が正方形に近い場合でも同様に適用でき、またビーム分割器2で分割したビーム同志が一部重ね合わされる

ようにしてもよい。

【発明の効果】

以上説明したように本発明に係る照明装置よれば、レーザービームを分割するとともに、分割された各々のレーザービームにレーザービームの可干渉距離よりも大きな光路差を与えているため、互いにインコヒーレントなビームが得られる。また、この分割された各ビームはビーム断面の短手方向に対して配列されているため、短手方向のモード数が増し、空間的コヒーレントの低いビームとなる。

従って、この分割された各ビームを適宜径に集束してなるビームは、結果的にスペックルを生じる恐れがない。

なお、このビームは、レーザー光源としてスペクトル幅を狭帯化する手段を備えたものを採用しているため、時間的コヒーレンスが高く、単色性も優れていることは述べるまでもない。

従って、本発明に係る照明装置を、例えば集積回路製造用露光装置に用いれば、極めて均一な露光を得ることが可能である。

また、スペックル除去のためにビームを相当な回数振動させる必要がないため、スループットを低下させることなく適正露光量を確保できる。同様の理由により、振動ミラー等を設ける必要がないため、装置構成も簡単である。

本発明に係る照明装置は、以上のように優れた効果を有するものであり、集積回路製造用露光装置や光CVD装置等に好適なものである。

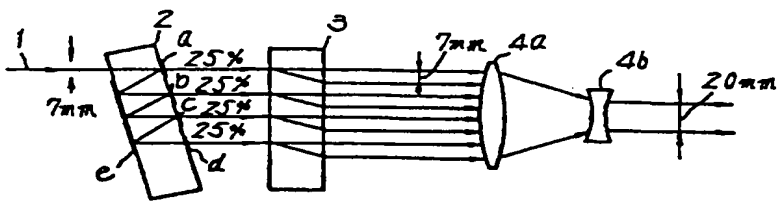
【図面の簡単な説明】

第1図は本発明の実施例に係る構成図、第2図～第4図は各々従来装置に係る模式図である。

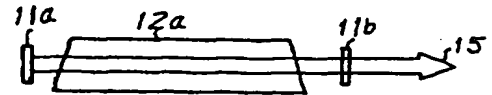
【主要部分の符号の説明】

1……レーザービーム、2……ビーム分割器  
4a、4b……シリンドリカルレンズ

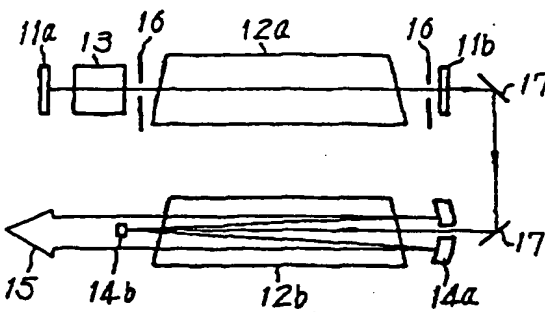
【第1図】



【第2図】



【第3図】



【第4図】

